

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Кафедра конструювання електронно-обчислювальної апаратури

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

з дисципліни _____ Аналогова електроніка _____
на тему: _____ Вимірювач індуктивності на 555 таймері _____

Студента II курсу групи ДК-92
Напряму підготовки: Телекомунікації та
радіотехніка

_____ Лазарчук Д. Р. _____

(прізвище та ініціали)

Керівник:

_____ доцент, к.т.н. Короткий Є.В. _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна оцінка: _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Члени комісії: _____ доцент, к.т.н. Короткий Є.В. _____

(підпис)

(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Київ - 2021 рік

ЗМІСТ

ВСТУП	2
РОЗДІЛ І	2
РОЗДІЛ ІІ	5
РОЗДІЛ ІІІ	5
ВИСНОВКИ	9
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	9

ВСТУП

Розроблювальний прилад буде призначений для вимірювання індуктивності досліджуваного зразка і може використовуватися для вимірювання індуктивності невідомої котушки. Мета виготовити прилад(чи доповнення) за допомогою якого можна буде оцінити здатність зразка накопичувати магнітну енергію, в процесі розробки та створення якого ознайомитись та дослідити ці процеси. Створимо план роботи. Для початку розберемося як можна виміряти індуктивність та який спосіб нам більше підходить, виберемо принципову схему та проаналізуємо її – це буде перший розділ. Далі розрахуємо теоретично принцип роботи деяких вузлів – другий розділ. Про симулюємо схему в LTSpice та порівняємо результати симуляції з результатами розрахунку – третій розділ.

РОЗДІЛ І

В обраній схемі використовується мікросхема NE555, детальніше розглянемо її принцип роботи:

На Рис. 1.1 блок-схема мікросхеми NE555.

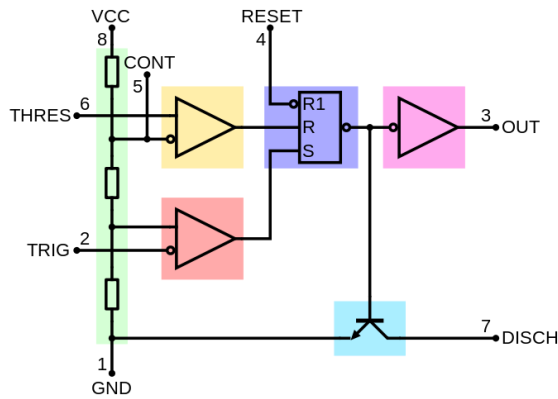


Рис. 1.1

Як видно з блок-схеми мікросхема складається з трьох блоків: два компаратори та один RS-тригер. Один компаратор порівнює інвертований вхід, на який подається напруга $2/3 V_{cc}$ (з внутрішнього подільника напруги), з не інвертованим входом, на який подається напруга з виводу THRES (на схемі позначений як TH) вихід під'єднаний до R-входу тригера. Другий компаратор порівнює не інвертований вхід, на який подається напруга $1/3 V_{cc}$ (з внутрішнього подільника напруги), з інвертованим входом, на який подається напруга з виводу TRIG (на схемі позначений як Trigger) вихід під'єднаний до S-входу тригера. Принцип роботи компаратора в порівнянні не інвертованого вхід з інвертованого входом якщо більше то видає сигнал високого рівня, в іншому випадку низького рівня. Для RS-тригеру наведу таблицю переходів (Таблиця 1), у схемі використовується RS-тригер з прямими входами. Вихід з тригера під'єднаний к виводу OUT.

Таблиця 1 – Таблиці переходів RS-тригерів

а) з прямими входами

t_i		t_{i+1}
S	R	Q
1	0	1
0	1	0
0	0	Q_i
1	1	X

б) з інверсними входами

t_i		t_{i+1}
S	R	Q
1	0	0
0	1	1
1	1	Q_i
0	0	X

Я обрав таку схему (Рис. 1.2):

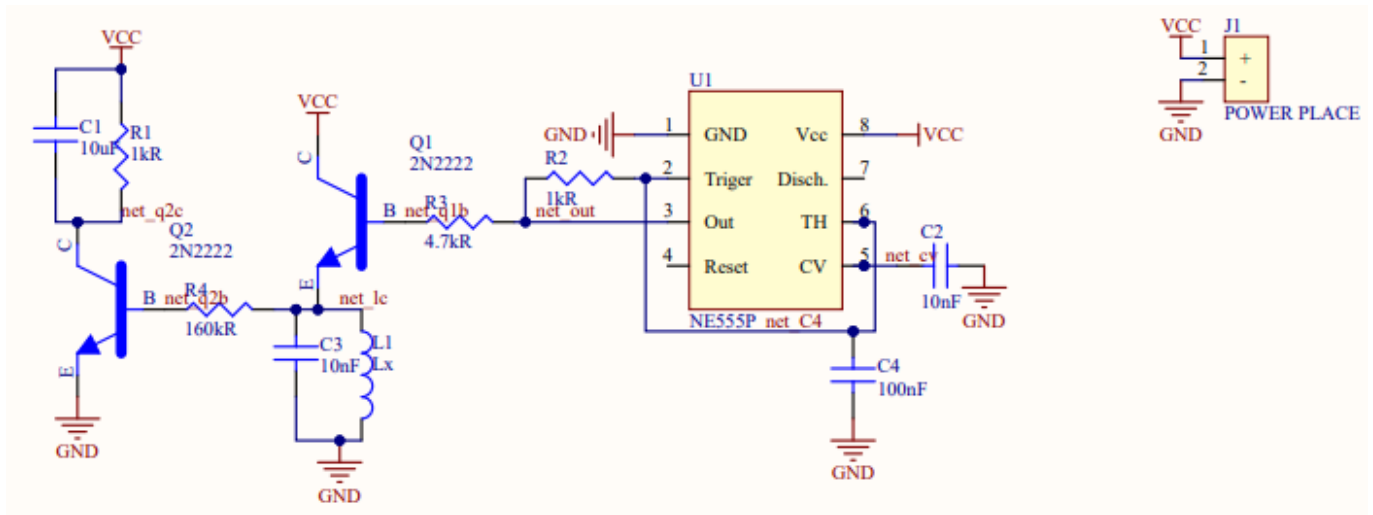


Рис. 1.2

Принцип роботи: мікросхема NE555 з деякими елементами (R2, C4) генерує прямокутні імпульси робочий цикл яких приблизно 50%, далі імпульси підсилюються на транзисторі Q1 з нього вони потрапляють на коливальний контур складений з L1 та C3 коливання якого теж підсилюються і потрапляють на RC-контур складений з C1 та R1 на якій перетворюються в постійну напругу та струм, так як C1 та C3 постійні вихідна напруга залежить тільки від індуктивності досліджуваного зразка. Тобто схему можна розділити на 3 блоки з двома переходами: перший блок генерує прямокутні імпульси і за допомогою транзистора передає їх на другий блок в якому виникають коливання, які залежать від котушки, далі ці коливання через другий транзистор поступають на третій блок RC-контур, на якому перетворюються в постійну напругу та струм.

Детальніше розглянемо роботу генератора на мікросхемі NE555 його головної частини.

Вивід OUT це вихід нашого таймеру на ньому можливі два сигнали низький(вихід підтягнуто до землі) та високий(вихід підтягнуто до Vcc).

Вивід TRIG коли на ньому напруга становить менше $\frac{1}{3} V_{cc}$ на виводі OUT буде генеруватися високий сигнал поки на ньому не буде більше $\frac{1}{3} V_{cc}$ та на виводі THRES не буде більше $\frac{2}{3} V_{cc}$.

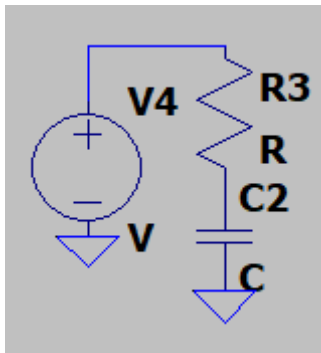
Вивід THRES буде генеруватися низький сигнал поки на ньому буде більше $\frac{2}{3} V_{cc}$. TRIG має більший пріоритет за THRES. Так як виводи THRES та TRIG

замкнені та через конденсатор C4 під'єднані до землі, а через резистор R2 до OUT то при напрузі конденсатора менше $1/3 V_{cc}$ буде високий сигнал на виході де через резистор буде заряджатись конденсатор поки на ньому не стане напруга більше $2/3 V_{cc}$ при ній на виході буде встановлений низький сигнал і через той самий резистор конденсатор буде розряджатись. Міняючи опір у резистора та ємність конденсатора є можливість змінювати частоту.

РОЗДІЛ II

Визначимо час заряду-розряду конденсатора з формули.

Схему можна спростити до такого вигляду:



Напишемо баланси струмів та напруг:

$$E - U_R - U_C = 0 \Rightarrow U_R = E - U_C \Rightarrow I_R = \frac{E - U_C}{R}$$

$$I_R - I_C = 0 \Rightarrow I_R = I_C$$

$$I_C = C \frac{dU_C}{dt} \Rightarrow$$

З яких можна скласти диференціальне рівняння:

$$C \frac{dU_C}{dt} = \frac{E - U_C}{R} \Rightarrow$$

$$-\frac{dE - U_C}{E - U_C} = \frac{1}{RC} dt \Rightarrow$$

Розв'язавши яке, отримаємо такий результат:

$$-\ln E - U_C = \frac{t}{RC} + C \Rightarrow$$

І поклавши умову, що в нульовий момент часу конденсатор розряджений, отримаємо таку константу:

$$U_C(0) = 0 \Rightarrow -\ln E = C \Rightarrow$$

$$\ln \frac{E - U_C}{E} = -\frac{t}{RC} \Rightarrow$$

$$E - U_C = E e^{-\frac{t}{RC}} \Rightarrow$$

Після перестановок отримаємо таку формулу

$$U_C(t) = V_{CC}(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

Видно що $2/3 V_{CC}$ буде при

$$e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{1}{3} \Rightarrow -\frac{t}{RC} = \ln 3^{-1} \Rightarrow t_{0-\frac{2}{3}} = RC * \ln 3$$

Но цей час щоб зарядитись від 0 до $2/3 V_{CC}$ це буде тільки при ввімкненні схеми щоб дізнатися за скільки він зарядиться від $1/3$ до $2/3$ віднімемо час зарядки від 0 до $1/3$

$$e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{2}{3} \Rightarrow -\frac{t}{RC} = \ln 2 - \ln 3 \Rightarrow t_{0-\frac{1}{3}} = RC * (\ln 3 - \ln 2) \Rightarrow$$

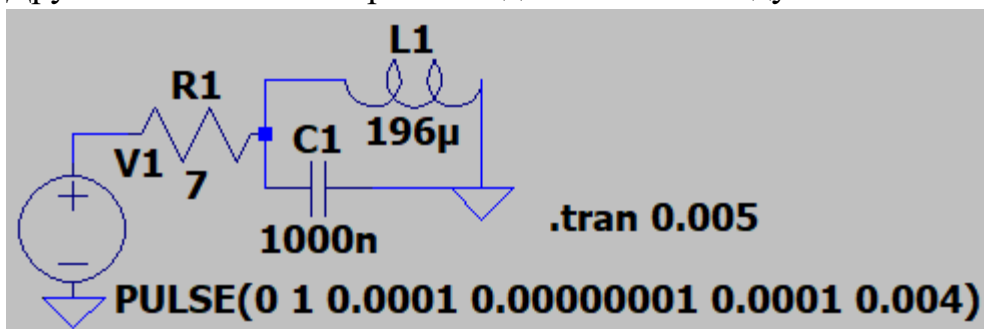
$$t_{\frac{1}{3}-\frac{2}{3}} = RC * \ln 3 - RC * (\ln 3 - \ln 2) = RC * \ln 2$$

В нашій схемі конденсатор ємністю $100\text{нФ}=10^{-7}\text{Ф}$ і резистор опором $1\text{кОм}=10^3\text{Ом}$

$$t_{\frac{1}{3}-\frac{2}{3}} = 10^{-7} * 10^3 * \ln 2 = 10^{-6} * 69,3 \text{ (с)} = 69,3 \text{ (мкс)}$$

Тобто тривалість високого або низького рівня 69,3 мкс.

Другий блок можна спростити до такого вигляду:



Напишемо баланси струмів та напруг:

$$E - U_R - U_{LC} = 0; U_{LC} = L * \frac{dI_L}{dt}$$

$$I_R - I_L - I_C = 0; I_C = C * \frac{dU_{LC}}{dt} = LC * \frac{d^2 I_L}{dt^2}$$

І з цього можна записати диференціальне рівняння:

$$LC * \frac{d^2 I_L}{dt^2} + I_L = \frac{E - L * \frac{dI_L}{dt}}{R} \Rightarrow$$

$$\frac{d^2 I_L}{dt^2} + \frac{1}{RC} * \frac{dI_L}{dt} + \frac{I_L}{LC} = \frac{E}{RLC}$$

Вирішивши яке можна знайти три випадка:

$$I_L = C_1 * e^{\frac{-1 - \sqrt{1 - \frac{4R^2C}{L}}}{2RC} * t} + C_2 * e^{\frac{-1 + \sqrt{1 - \frac{4R^2C}{L}}}{2RC} * t} + \frac{E}{R} \text{ при } \frac{4R^2C}{L} < 1$$

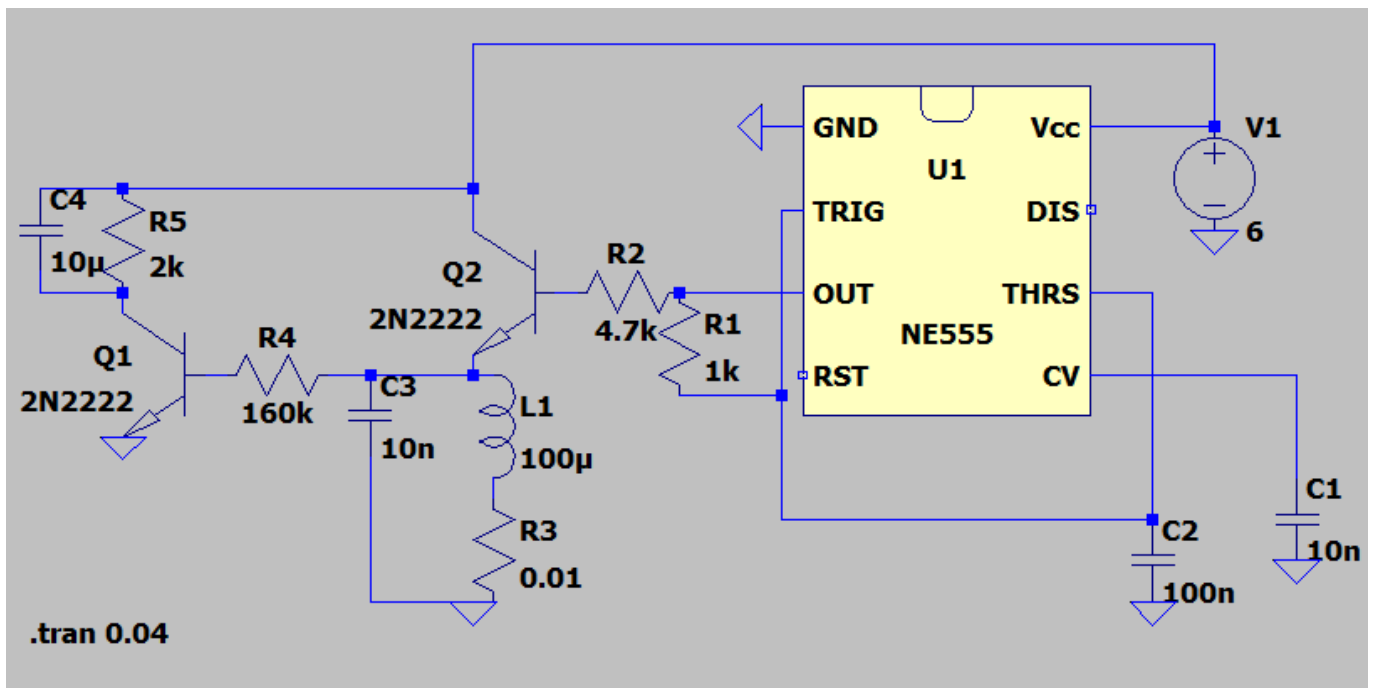
$$I_L = \frac{E}{R} \left(e^{\frac{-t}{2RC}} - 1 \right) \text{ при } \frac{4R^2C}{L} = 1; I_L(0) = 0, I_L(\infty) = \frac{E}{R}$$

$$I_L = e^{\frac{t}{2RC}} * \left(C_1 * \sin \frac{\sqrt{1 - \frac{4R^2C}{L}}}{2RC} * t + C_2 * \sin \frac{\sqrt{1 - \frac{4R^2C}{L}}}{2RC} * t \right) + \frac{E}{R} \text{ при } \frac{4R^2C}{L} > 1$$

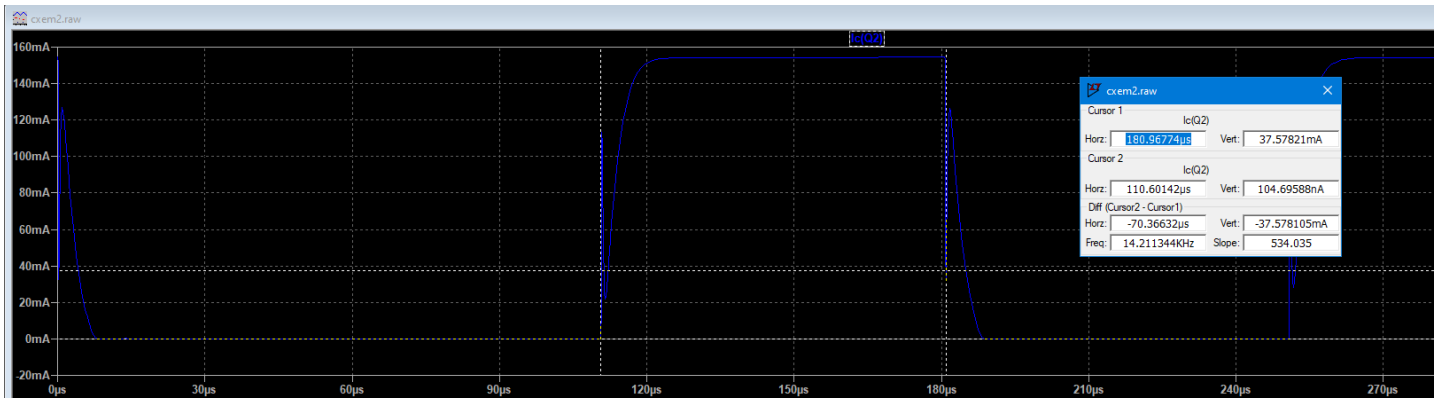
Впливати на результат буде тільки перший випадок.

РОЗДІЛ III

Для симуляції була зібрана така схема в LTSpice:

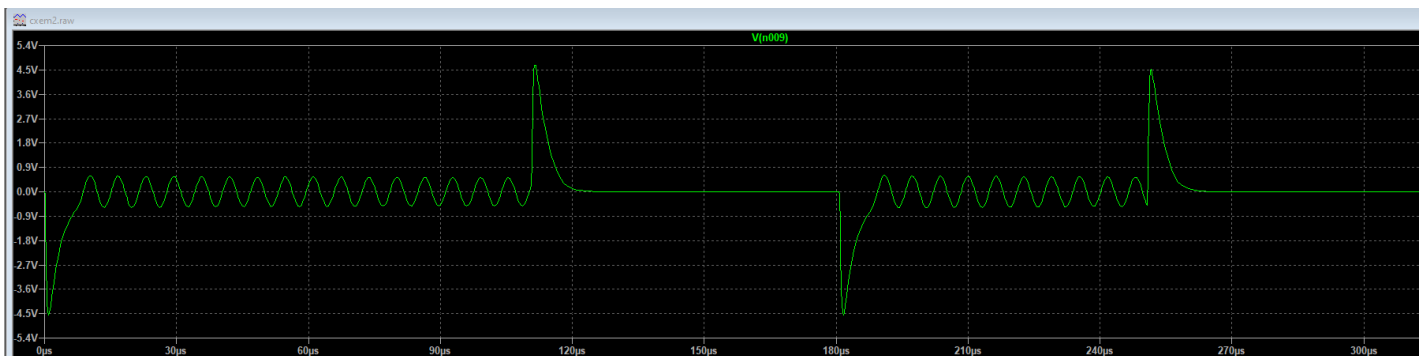


На виході генератора бачимо таку картину:



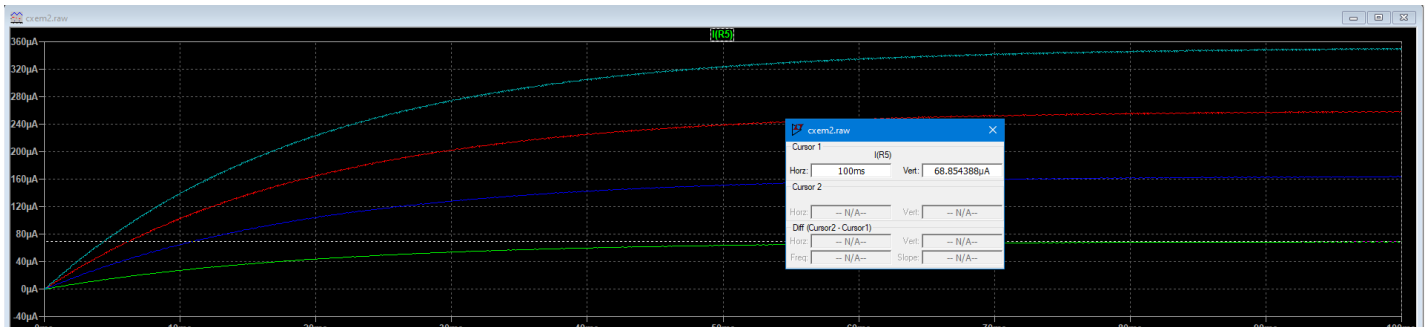
Як бачимо тривалість імпульсів збігається з розрахованою.

На виході з коливального контури:

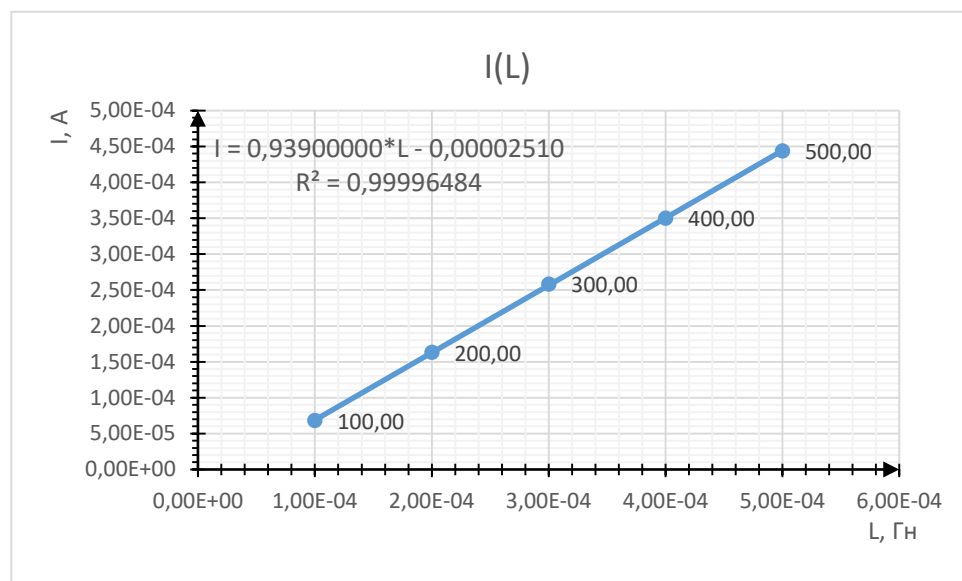


Коли транзистор відкритий бачимо що імпульс тільки при зміні напруги і в нас прицює перший випадок, коли транзистор закритий у нас спостерігається третій випадок гармонічні коливання.

На виході третього блоку



На виході бачимо лінійну залежність від індуктивності, для наглядності результати були зведені в таблицю і лінійно апроксимовані. Отриманий графік:



ВИСНОВКИ

В першому розділі була наведена схема, описано принцип роботи схеми та її головної частини мікросхеми NE555. В другому розділі було математично (теоретично) розраховано та описано процеси які протікають при роботі схеми. В третьому розділі були наведені результати симуляції схеми в LTSpice, якщо їх порівняти з очікуваними розбіжності майже немає всю наявну можна приписати на користувача. Отримана схема дозволяє отримати лінійну залежність струму (напруги) від індуктивності, а отже і визначити невідому індуктивність що підходить к поставленій задачі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Посилання на схему: <https://apexys-toan.blogspot.com/2011/02/ne555-based-inductivty-meter.html>

Посилання на даташит мікросхеми:

<https://rocelec.widen.net/view/pdf/giqzbewdkx/slfs022i.pdf?t.download=true&u=5oefqw>

<https://ru.wikipedia.org/wiki/NE555>

компаратор:

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80>

рис-триггер: <https://uk.wikipedia.org/wiki/RS-%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%B3%D0%B5%D1%80>

LTSpice: <https://www.analog.com/ru/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>